

PEMERIKSAAN KUALITAS PRODUKSI PIPA *SPECIFICATION API 5L MATERIAL GRADE X56*

Muhamad Chosyien Tatas Nugroho, Ita Wijayanti, S.T.P., M.Sc, Andrew W P Mantik,
S.T

Politeknik Negeri Batam Program Studi Teknik Mesin
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: tatasnugroho@gmail.com

Abstrak

Pipa baja berstandar API 5L merupakan komponen utama dalam sistem transportasi minyak dan gas, yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap tekanan dan korosi. Pemeriksaan kualitas pipa baja berstandar API 5L dilakukan melalui beberapa metode utama. Pemeriksaan material sebagai tahap awal yang meliputi ketebalan, panjang dan kebulatan pipa. Kemudian, selanjutnya dilakukan pengujian tanpa merusak NDT (*non destructive-test*) yaitu menggunakan metode seperti UT (*ultrasonic-testing*) dan MPI (*magnetic particle inspection*). Hal ini untuk mendeteksi cacat internal maupun permukaan tanpa merusak komponen pipa. Terakhir, dilakukan uji mekanik yang meliputi *hydrottest*, yaitu pengujian tekanan air pada pipa untuk memastikan kekuatan. Metode ini mengacu pada standar internasional API 5L dan standar tambahan dari ASME guna menjamin mutu dan keamanan pipa dalam sistem transportasi minyak dan gas. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas pipa baja berstandar API 5L yang digunakan dalam sistem transportasi minyak dan gas. Seluruh metode pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa pipa baja memenuhi standar internasional API 5L serta standar pelengkap dari ASME, sehingga dapat menjamin mutu dan keamanan pipa dalam sistem transportasi minyak dan gas.

Kata kunci: API 5L X56, pipa baja, produksi pipa, industri migas, kontrol kualitas

Abstract

API 5L steel pipes are a key component in oil and gas transportation systems, requiring high resistance to pressure and corrosion. API 5L steel pipe quality inspection is conducted through several primary methods. The initial stage is material inspection, which includes pipe thickness, length, and roundness. Next, non-destructive testing (NDT) is performed using methods such as ultrasonic testing (UT) and magnetic particle inspection (MPI). This is to detect internal and surface defects without damaging the pipe components. Finally, mechanical testing is performed, including hydrottesting, which involves testing the pipe under water pressure to ensure strength. This method refers to the API 5L international standard and supplementary standards from ASME to ensure the quality and safety of pipes in oil and gas transportation systems. This research aims to improve the quality of API 5L steel pipes used in oil and gas transportation systems. All of these testing methods aim to ensure that the steel pipes meet the API 5L international standard and supplementary standards from ASME, thereby ensuring the quality and safety of pipes in oil and gas transportation systems.

Keywords: API 5L X56, steel pipe, pipe production, oil and gas industry, quality control

1. Pendahuluan

Pipa baja dengan spesifikasi API 5L Grade X56 banyak digunakan karena memiliki kekuatan mekanik tinggi, ketahanan terhadap korosi, serta memenuhi persyaratan teknis internasional sesuai standar (API) *American Petroleum Institute* [1]. PT X merupakan perusahaan manufaktur nasional yang memproduksi berbagai jenis pipa baja untuk sektor energi dan infrastruktur. Produksi dilakukan melalui proses industri yang telah memenuhi sistem manajemen mutu bersertifikasi ISO 9001[2]. Komponen vital dalam sistem transportasi tersebut adalah pipa baja, yang dirancang untuk menyalurkan *fluida* dalam jarak jauh dan kondisi lingkungan ekstrem.

Gas bumi merupakan salah satu sektor strategis yang membutuhkan infrastruktur penunjang dengan standar kualitas tinggi, khususnya dalam hal *transportasi fluida* bertekanan tinggi seperti minyak mentah dan gas alam sesuai ASME B31.4. Penelitian ini bertujuan untuk pemeriksaan kesesuaian pipa baja produksi PT X terhadap standar API 5L melalui pemeriksaan kualitas yang mencakup *inspeksi visual*, NDT (*Non Destructive Test*) serta *hydrotest*.

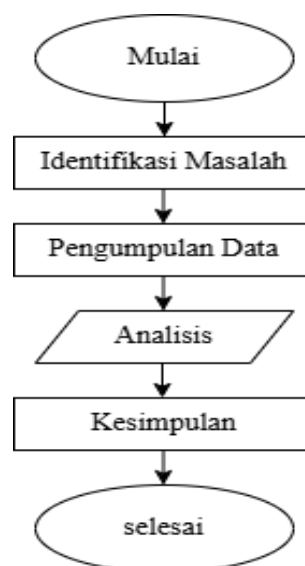
Dalam proses produksi maupun pengujian pipa baja API 5L, terdapat beberapa permasalahan yang dapat muncul dan memengaruhi kualitas akhir pipa. Salah satu permasalahan umum adalah kebulatan (*ovality*) yang tidak simetris, di mana bentuk penampang pipa sedikit menyimpang dari lingkaran sempurna. Kondisi ini biasanya disebabkan oleh ketidakseimbangan tekanan saat proses pembentukan pipa atau pendinginan yang tidak merata. Masalah juga terdapat pada panjang pipa yang melebihi batas toleransi standar, sehingga memerlukan pemotongan ulang agar sesuai dengan ketentuan API Spec 5L edisi ke-46 (2018)[3].

Permasalahan lain yang kerap terjadi adalah ketebalan pipa yang tidak seragam di sepanjang permukaan. Ketidaksesuaian ketebalan ini dapat disebabkan oleh variasi tekanan pada proses pembentukan atau kesalahan kalibrasi alat produksi. Ketebalan yang terlalu tipis dapat menurunkan kekuatan mekanik pipa, sedangkan ketebalan berlebih dapat menghambat proses penyambungan dan menambah beban pada sistem[4].

Cacat pengelasan juga ditemukan seperti *undercut*, *porosity*, atau *incomplete fusion*, yang muncul akibat parameter pengelasan yang kurang tepat atau kualitas kawat las yang tidak sesuai. Terakhir, pada tahap **hydrotest**, beberapa masalah dapat muncul seperti kebocoran kecil atau deformasi ringan, terutama jika terdapat cacat mikro yang tidak terdeteksi sebelumnya oleh uji *nondestruktif*[5]. Secara keseluruhan, berbagai permasalahan tersebut perlu diidentifikasi dan diperbaiki agar pipa API 5L dapat memenuhi standar mutu internasional serta aman digunakan dalam sistem transportasi minyak dan gas bertekanan tinggi[6].

2. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan mencakup observasi lapangan, studi literatur, dan wawancara teknis di fasilitas produksi. Adapun diagram alur yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar no 1.



Gambar 1. Diagram alur metode

2.1. Identifikasi Masalah

Pipa baja berstandar API 5L yang digunakan dalam sistem transportasi minyak dan gas memiliki ketahanan tinggi terhadap tekanan dan korosi. Namun demikian, masih ditemukan sejumlah permasalahan yang berpotensi memengaruhi kualitas pipa API 5L. Adanya cacat pada material pipa, seperti ketidaksesuaian dalam ketebalan, panjang, dan kebulatan, adalah salah satu masalah utama. Cacat ini dapat mempengaruhi proses penyambungan dan daya tahan mekanis. Masalah lainnya adalah kemungkinan gagalnya pipa dalam menahan tekanan kerja, terutama jika pengujian mekanik seperti hydrotest.

2.2. Pengumpulan Data

Tahapan ini dilakukan dengan adanya:

2.2.1. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material meliputi ukuran ketebalan, panjang dan kebulatan grade material sesuai dengan yang dibutuhkan untuk kebutuhan produksi di PT X.

2.2.2. Ketebalan

Pemeriksaan ketebalan pipa API 5L, dengan metode UTM (*Ultrasonic Thickness Measurement*) dilakukan sesuai standar API dan ASME untuk memastikan bahwa ketebalan aktual adalah 11 mm. Sebelum pemeriksaan, permukaan pipa dibersihkan dari kotoran, karat, dan cat tebal agar alat bekerja dengan baik. Alat UTM terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan blok kalibrasi dengan ketebalan mendekati ketebalan nominal pipa. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik di sekeliling pipa, terutama di area seperti sambungan las. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan ketebalan nominal pipa API 5L dan batas toleransi minimum adalah minus $-1/+1$ mm dari ketebalan nominal. Ketebalan di bawah atau di atas batas standar toleransi tidak memenuhi standar.

2.2.3. OD (*outside diameter*)

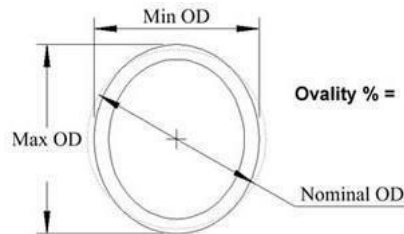
Pemeriksaan OD (*outside diameter*) pipa API 5L dilakukan untuk memastikan ukuran pipa sesuai dengan toleransi dimensi yang ditetapkan dalam standar API 5L yaitu 473,08 mm. Pemeriksaan menggunakan alat ukur pi-tape untuk mengukur diameter pipa. Cara kerja alat ini dengan melilitkan di sekeliling pipa secara kencang. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan batas toleransi API 5L. Batas toleransi adalah -5 mm dari diameter nominal. Pipa dinyatakan lulus jika seluruh nilai OD berada dalam batas toleransi tersebut dan tidak menunjukkan deformasi seperti penyok. Jika hasil pengukuran melebihi batas toleransi atau jika terjadi ketidakraturan bentuk, pipa dinyatakan tidak memenuhi standar.

2.2.4. Panjang

Dalam standar API Spec 5L edisi ke-46 (2018), panjang pipa dari ujung ke ujung pipa (*end-to-end*) pada perhitungan pipa API 5L, panjang nominal 12 m dikategorikan sebagai DRL (*Double Random Length*) pengukuran dilakukan pada permukaan datar lalu mengukur keseluruhan panjangnya dari ujung ke ujung menggunakan steel tape atau laser distance meter untuk meningkatkan akurasi, terutama pada pipa dengan panjang 12 M. Pengukuran dilakukan pada beberapa sisi pipa untuk memastikan tidak ada penyimpangan yang disebabkan oleh kelengkungan. Panjang minimum tidak boleh kurang dari pesanan memiliki toleransi $+20$ mm dan -0 mm. Pipa dinyatakan lulus apabila panjangnya berada dalam standar atau memenuhi toleransi sedangkan pipa dinyatakan tidak lulus apabila panjangnya kurang dari batas minimum standar.

2.2.5. Kebulatan (*ovality*)

Memastikan kebulatan pipa API 5L tetap simetris dan tidak mengalami penyimpangan berbentuk oval, pemeriksaan dilakukan pada posisi $0-180^\circ$ dan $90-270^\circ$, dengan menggunakan alat seperti pi tape. Untuk menghitung ovalitas, diameter maksimum (D_{max}) dan diameter minimum (D_{min}) dihitung dari hasil pengukuran tersebut. Standar API 5L menetapkan bahwa perbedaan diameter minimum dan maksimum pipa tidak boleh melebihi 1% dari diameter nominal pipa. Apabila nilai ovalitas pipa berada di luar batas tersebut dan tidak ada deformasi lokal seperti penyok yang mempengaruhi kebulatan pipa dinyatakan lulus, jika ada cacat bentuk yang signifikan atau diameter yang melebihi batas toleransi pipa tidak memenuhi standar. Kebulatan (*ovality*) juga diperiksa untuk menjamin kesesuaian dengan spesifikasi. Pipa yang tidak bulat sempurna dapat menyebabkan masalah saat proses penyambungan atau pengelasan. Perhitungan Kebulatan (*ovality*) bisa dilihat pada gambar no 2[5].



Gambar 2. Perhitungan kebulatan (ovality)

2.3. Welding Parameter

Dalam table 1 ini memiliki parameter dan *type polaty* yaitu menentukan arah arus distribusi panas yang spesifik untuk lapisan las di bagian dalam dan luar pipa. Pengaturan parameter ini bertujuan untuk memastikan kualitas sambungan las yang optimal pada pipa API 5L, sehingga memenuhi standar mutu dan keamanan[3].

Tabel 1. Welding Parameter

Weld Layer	Welding Proses	Filler Metal	Current				Travel Speed	
		Diameter (mm)	Type Polaty	Amperage		Volt		mm/min
				min	max	min	max	
Inside	SAW	4.0	dcep	500	635	28	31	500
Outside	SAW	4.0	dcep	500	678	29	30	520

2.4. Inspeksi Visual

Inspeksi visual pada pipa API 5L dilakukan untuk memastikan kondisi fisik pipa memenuhi persyaratan standar sebelum dinyatakan layak digunakan. Pemeriksaan ini mengacu pada API 5L sebagai standar utama yang menetapkan kriteria cacat permukaan, kondisi bevel, serta kelayakan pipa secara umum, teknik pemeriksaannya mengikuti ASME Section V, dan untuk pipa welded dapat merujuk pada API 5L. Inspeksi visual pada pipa API 5L dilakukan untuk memastikan kondisi fisik pipa memenuhi persyaratan standar sebelum dinyatakan layak digunakan., teknik pemeriksaannya mengikuti standar ASME B31.4, dan untuk pipa welded dapat merujuk pada API 5L. Cacat permukaan seperti retak (*crack*) tidak dapat diterima pada logam las. Kondisi permukaan bevel pipa harus bersih dari karat, kerak karena dapat mengganggu kualitas pengelasan. Kelayakan pipa dapat dinyatakan layak pada diameter luar, ketebalan dinding, panjang, kelurusan, NDT (*Non Destructive Test*) serta *HYDROTEST* sesuai standar api 5L dan hasil inspeksi tidak ditemukan cacat.

2.5. NDT (Non Destructive Test)

Pengujian tanpa merusak yaitu NDT (*Non Destructive Test*) merupakan metode pemeriksaan yang dilakukan untuk mendeteksi cacat atau ketidaksempurnaan pada material tanpa merusak bentuk maupun fungsi pipa. Metode yang digunakan adalah UT (*Ultrasonic Test*) dan MPI (*Magnetic Particle Inspection*).

Metode UT (*Ultrasonic Test*) bekerja dengan menggunakan alat kalibrasi, kemudian operator mengaplikasikan couplant di permukaan dan melakukan scanning sesuai teknik untuk mendeteksi cacat atau mengukur ketebalan, lalu mencatat dan mengevaluasi sinyal pantulan terhadap *acceptance criteria* standar. standar yang digunakan adalah ASME B31.4 yang mengatur kalibrasi dan kriteria penerimaan dalam pemeriksaan ketebalan maupun deteksi cacat internal. *Acceptance criteria* UT memenuhi tidak adanya cacat dan nilai dinding tidak melebihi toleransi sesuai standar ASME B31.4. Kalibrasi standar ASME B31.4 bahwa peralatan sesuai dengan material, diameter dan ketebalan pipa yang diperiksa. Kriteria penerimaan ketebalan, pipa dinyatakan memenuhi standar ketebalan aktual hasil UT tidak kurang dari ketebalan toleransi.

Metode MPI (*Magnetic Particle Inspection*) proses dimulai dengan membersihkan permukaan, memilih metode penginduksian medan magnet mengaplikasikan partikel magnetik basah atau kering, lalu melakukan pengamatan pada permukaan untuk melihat indikasi yang terbentuk akibat kebocoran fluks magnet. Pipa dinyatakan lulus apabila tidak ditemukan indikasi cacat yang melebihi kriteria penerimaan

yang ditetapkan dalam API 5L maupun standar acuan non-destruktif tersebut. Dinyatakan cacat ketebalan dinding pipa dibawah ketebalan minimum. Standar rujukannya adalah ASME B31.4, mengenai inspeksi permukaan untuk memastikan tidak adanya cacat seperti retak, lapisan terkelupas, atau cacat las di area permukaan.

2.6. *Hydrotest*

Hydrotest adalah proses menguji pipa dengan memasukkan air dan menaikkan tekanan hingga mencapai nilai tertentu untuk menguji kekuatan dan mendeteksi kebocoran atau kerusakan pipa. Standar utama yang digunakan adalah API 5L (*Latest Edition*) – Clause 9: *Hydrostatic Test* mengatur persyaratan tekanan minimum, durasi, serta kriteria penerimaan. Tekanan minimum yang digunakan 1,25-1,5 kali untuk durasi tekanan minimum 10 detik dan *acceptance criteria* selama *hydrotest* tidak terdapat terjadinya kebocoran pada pipa. Langkah-langkah pengujian *hydrotest* dimulai dengan menutup kedua ujung dengan end-cap dan memasang pressure gauge. Pipa kemudian diisi penuh dengan air hingga seluruh udara dipastikan keluar melalui venting dan menaikkan tekanan hingga mencapai nilai 2950 Psi dengan waktu 10 detik. Pipa dinyatakan lulus dengan tekanan stabil tanpa kebocoran dan parameter memenuhi batas standar parameter yaitu 2258–2950Psi. pipa dinyatakan gagal jika terjadi penurunan tekanan, retakan dan kebocoran.

3. Analisis Data dan Pembahasan

3.1. Data Spesifikasi Material

Tabel 2 adalah penyajian data spesifikasi dari pipa baja berstandar API 5L yang digunakan dalam sistem transportasi minyak dan gas. Pipa ini diproduksi pada tahun 2025 dengan berat jenis material sebesar 7850 kg/m³. Standar yang digunakan dalam produksi dan pengujian pipa mengacu pada API Specification 5L edisi ke-46 tahun 2018, yang merupakan standar internasional untuk pipa saluran baja[1]. Material pipa menggunakan spesifikasi API 5L grade X56, yang menunjukkan tingkat kekuatan tarik minimum tertentu dan cocok untuk aplikasi dengan tekanan tinggi. Jenis sambungan las yang digunakan adalah (*Butt Joint*), yaitu metode penyambungan ujung-ke-ujung yang umum digunakan dalam konstruksi pipa tekanan tinggi.

Tabel 2. Data Spesifikasi Material [1]

Tahun Pembuatan	2025
Berat jenis	7850 Kg/M ³
Standar yang digunakan	API Spec 5L 46th 2018
Spesifikasi material	API 5L X56
Jenis sambungan las	Butt Joint

3.2. Pengukuran dimensi

Bagian-bagian yang dilakukan pemeriksaan dimensi adalah bagian-bagian yang perlu diperhatikan pada pipa untuk sesuai standar API 5L. Parameter yang diuji mencakup diameter luar, ketebalan, panjang, kebulatan (*ovality*), dan kelurusan. Pada pengukuran diperoleh nilai keliling pipa adalah 1.486, nilai diameter luar kemudian dihitung dengan melakukan konversi dari keliling pipa dimana D (*outside diameter*) dan C (keliling pipa) kemudian dibagi dengan nilai Pi, hasil pengukuran menunjukkan bahwa diameter luar pipa adalah 473,03 mm, yang masih berada dalam batas toleransi API 5L yaitu ±4 mm. Ketebalan pipa yang terdeteksi adalah 12,1 mm, sesuai dengan batas toleransi yang ditetapkan yaitu ±1 mm. Panjang pipa tercatat adalah 12.000 mm (12 m), yang masih sesuai dengan standar API 5L dengan toleransi +20 mm dan -0 mm. Data bisa dilihat pada tabel no 3.

Tabel 3. Bagian yang diperiksa[3]

Dimensi	Dimensi Acuan (standard API 5L)	Toleransi	Hasil Pengukuran	Status
Diameter Luar	473,0 mm	-4/+4 mm	473,03 mm	Lulus
Ketebalan	12,0 mm	-1/+1 mm	12,1 mm	Lulus
Kebulatan	0 mm	-5 mm	0 mm	Lulus
Panjang	12.000 mm	-0,+20 mm	12.000 mm	Lulus

Perhitungan kebulatan (*ovality*) bertujuan untuk memastikan bahwa dimensi diameter pipa tetap dalam toleransi yang disesuaikan standar API 5L. Hal ini penting untuk mengontrol kebulatan (*ovality*) saat pipa baja seperti API 5L digunakan di lapangan, khususnya dalam industri migas, konstruksi, dan transportasi fluida. Perhitungan kebulatan juga dilakukan untuk memperoleh data yang lebih akurat dan menyeluruh, sehingga dapat diketahui bagian mana yang benar-benar menunjukkan kondisi aktual dari bentuk atau dimensi yang sedang diukur seperti yang di tunjukkan dalam gambar no3.



Gambar 3. Ukur kebulatan pipa

Seperti yang ditunjukkan pada gambar no.4., panjang pipa dapat dihitung secara manual dengan seorang teknisi mengukur dimensi fisik pipa menggunakan alat ukur pita data sesuai dengan pada tabel no3. Acceptance criteria pada panjang pipa yaitu 12 M sesuai standar API 5L. Proses ini biasanya dilakukan di area fabrikasi atau gudang penyimpanan pipa untuk inspeksi visual dan pengukuran dimensi aktual. Pengukuran dilakukan dari satu ujung pipa ke ujung lainnya untuk memastikan panjang pipa sesuai dengan spesifikasi desain atau persyaratan proyek.



Gambar 4. Ukur panjang pipa

3.3. Inspeksi Visual

Inspeksi visual merupakan tahap awal dalam pemeriksaan kualitas pipa API 5L Grade X56 yang bertujuan untuk mendeteksi adanya cacat atau ketidaksesuaian yang dapat diamati secara langsung. Dalam proses inspeksi, permukaan pipa diperiksa secara menyeluruh dengan bantuan alat seperti senter dan meteran untuk mengidentifikasi adanya cacat seperti retak, cacat las, atau kerusakan pada bevel. Pipa dinyatakan lulus apabila seluruh permukaannya bersih dari cacat yang tidak diperbolehkan, tidak ada deformasi yang memengaruhi integritas pipa, bevel dalam kondisi baik, dan marking pabrik terbaca jelas sesuai ketentuan API 5L. Sebaliknya, pipa dinyatakan tidak lulus jika ditemukan crack, cacat las yang signifikan, atau kerusakan bentuk yang dapat mengurangi kekuatan maupun fungsi pipa. Pemeriksaan dilakukan pada tiga area utama, yaitu permukaan luar, permukaan dalam, serta sambungan las seperti contoh pada tabel no 4.

Tabel 4. Bagian yang diperiksa[3]

Area Pemeriksaan	Parameter Yang Diperiksa	Hasil	Kriteria Standar	Acuan Standar
Permukaan Luar Pipa	Retakan (<i>cracks</i>)	Tidak Ditemukan	Retakan tidak diperbolehkan	API Specification 5L Edisi ke-46 (2018), Clause 9 pipa harus bebas dari cacat yang dapat mengurangi integritas produk.
	korosi	Tidak Ditemukan	Korosi yang tidak diperbolehkan	API Specification 5L Clause 9 serta ASME B31.4
	Kebersihan Luar Pipa	Bersih	Permukaan bebas dari kotoran	ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section V, Article 9
Permukaan Dalam Pipa	Karat atau kerak	Ditemukan	Diperbolehkan jika tidak mempengaruhi aliran fluida	ASME B31.4. API 5L tidak memberikan batas penerimaan secara spesifik mengenai karat atau karat ringan.
	Kebersihan Dalam Pipa	Bersih	Permukaan harus bersih	ASME Section V, Article 9
Pemeriksaan Sambungan Las	<i>Undercut</i>	Ditemukan	Maksimum 0,5 mm untuk tebal pipa $\leq 12,5$ mm	AWS D1.1 (Acceptance Criteria)
	<i>Spatter</i>	Tidak Ditemukan	Tidak diperbolehkan	API Specification 5L Clause 9
	<i>incomplete</i>	Tidak Ditemukan	Tidak diperbolehkan	API 1104 Clause 9 (Acceptance Standards)

3.3.1. Permukaan Luar Pipa

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa permukaan luar pipa relatif bersih dan tidak ditemukan adanya retakan maupun korosi yang signifikan. Sesuai standar API Spec 5L edisi ke-46 (2018), retakan dan korosi besar tidak diperbolehkan karena dapat menurunkan integritas struktural pipa. Dengan demikian, kondisi permukaan luar pipa ini dinyatakan memenuhi standar.



Gambar 5. Permukaan luar pipa

3.3.2. Permukaan Dalam Pipa

Pada pemeriksaan permukaan dalam ditemukan adanya kerak tipis, namun masih dalam batas wajar. API 5L memperbolehkan adanya kerak atau karat ringan selama tidak mengganggu aliran fluida maupun menurunkan ketahanan pipa. Oleh karena itu, kondisi ini masih dapat diterima tanpa perlu tindakan perbaikan besar.



Gambar 6. Permukaan dalam pipa

3.3.3. Sambungan Las

Pada sambungan las ditemukan indikasi cacat berupa *undercut* ringan. Menurut API 5L dan ASME B31.4, *undercut* dengan kedalaman $\leq 0,5$ mm pada pipa dengan ketebalan $\leq 12,5$ mm masih diperbolehkan. Selain itu, tidak ditemukan cacat las lain seperti *spatter* maupun *incomplete fusion* yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pengelasan masih dalam batas penerimaan standar.



Gambar 7. Undercut

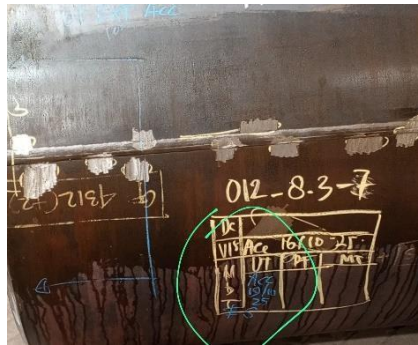
3.3.4. NDT (*Non Dustricve Test*)

Berikut penyajian data hasil NDT (*Non Dustricve Test*) yaitu UT (*Ultrasonic Test*) dan MPI (*Magnetic Particle Inspection*) menampilkan hasil aktual, kriteria standar. Semua data disusun berdasarkan dari standar acuan API 5L edisi ke-46 (2018) serta ASME B31.4. Bisa dilihat pada tabel dibawa ini.

Tabel 5. Hasil pengujian UT (*Ultrasonic Test*)

No	Parameter pemeriksaan	Hasil aktual	Kriteria standar	Hasil Evaluasi
1	Indikasi cacat internal	Tidak ditemukan	Tidak boleh ada indikasi > 5%	Memenuhi
2	Indikasi retak	Tidak ada	Retak tidak diperbolehkan	Memenuhi
3	Penetrasi suara (signal loss)	< 5%	Max. 10%	Memenuhi

Pipa dinyatakan lulus uji UT karena tidak ditemukan cacat internal signifikan, ketebalan pipa 12.1 mm masih dalam batas toleransi API 5L, dan tidak terdapat retakan.



Gambar 8. Hasil UT (*Ultrasonic test*)

Tabel 6. Hasil pengujian MPI (*Magnetic Particle Inspection*)

No	Parameter pemeriksaan	Hasil aktual	Kriteria standar	Hasil Evaluasi
1	Keliling pipa 0°–360°	Tidak ada indikasi	Indikasi retak, porositas, undercut > 1 mm tidak diterima	Memenuhi
2	Area weld seam	Undercut minor < 0,5 mm	Maksimal < 1 mm diperbolehkan	Memenuhi
3	Permukaan body pipa	Kerak tipis dapat dibersihkan	Dapat diterima selama tidak mempengaruhi NDT	Memenuhi

Area pemeriksaan dinyatakan bebas dari cacat permukaan yang melebihi batas standar. Hanya ditemukan undercut dan kerak tipis yang masih dalam batas toleransi API 5L.



Gambar 9. hasil MPI (*Magnetic test*)

3.4. HYDROTEST

Pembahasan hasil uji didasarkan pada data tekanan maksimum yang dicapai, durasi penahanan tekanan,

kestabilan tekanan selama pengujian, serta hasil pemeriksaan visual terhadap adanya kebocoran dengan mengacu pada standar API 5L Clause 9 dan standar seperti ASME B31.4. Standar API 5L menetapkan bahwa tekanan uji harus dihitung menggunakan berdasarkan diameter luar, ketebalan pipa, sehingga tekanan uji umumnya berada pada capaian uji 2258–2950Psi sesuai spesifikasi pipa. Setelah tekanan uji tercapai, pipa harus dipertahankan pada tekanan maksimum minimal 10 detik untuk *hydrotest*. Pipa dinyatakan lulus apabila tekanan tercapai dan stabil selama durasi yang dipersyaratkan tanpa adanya penurunan tekanan, kebocoran, atau perubahan bentuk. Apabila terjadi penurunan tekanan, kebocoran, tekanan tidak mencapai nilai minimum standar, atau tampak deformasi, maka pipa dinyatakan tidak lulus *hydrotest* sesuai standar API 5L dan standar ASME B31.4.

Tabel 7.data Hasil *hydrotest*

OD (mm)	Tebal pipa (mm)	Tekanan uji	Durasi tekanan	Hasil visual	Status
473 mm	11 mm	2265 Psi	10 detik	Tidak bocor	lulus

4. KESIMPULAN

Pipa baja API 5L Grade X56 yang diperiksa dinyatakan memenuhi persyaratan teknis dan standar mutu yang ditetapkan oleh API 5L, sehingga layak digunakan untuk saluran migas sesuai kondisi aktual di lapangan. Berdasarkan hasil pengujian kualitas, pipa API 5L Grade X56 produksi PT X memenuhi ketentuan yang tercantum dalam API 5L edisi ke-46 (2018) serta standar ASME B31.4 yang digunakan untuk sistem perpipaan. Pemeriksaan menunjukkan hasil yang berada dalam batas penerimaan, di antaranya dimensi pipa seperti diameter luar, ketebalan dinding, panjang, dan kebulatan yang masih sesuai dengan toleransi standar. *Inspeksi visual* juga menunjukkan kondisi permukaan pipa baik, dengan hanya ditemukannya cacat minor seperti undercut ringan dan kerak tipis yang masih dapat diterima. Pengujian NDT (*Non Dustricve Test*) berupa UT (*Ultrasonic Testing*) dan MPI (*Magnetic Particle Inspection*) tidak mengidentifikasi cacat signifikan yang dapat memengaruhi integritas struktural pipa. Selain itu, hasil *hydrotest* membuktikan bahwa pipa mampu menahan tekanan uji sebesar 2258–2950 PSI tanpa terjadi kebocoran maupun kerusakan. Dengan terpenuhinya seluruh persyaratan tersebut, pipa API 5L Grade X56 dinyatakan layak dan aman digunakan dalam sistem transportasi minyak dan gas bertekanan tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] *American Petroleum Institute. (2020). API Specification 5L: Specification for Line Pipe. 46th Edition.*
- [2] *ISO. (2015). ISO 9001: Quality management systems – Requirements. Geneva: International Organization for Standardization.*
- [3] *American Society of Mechanical Engineers. (2018). ASME B31.4 - Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries. ASME.*
- [4] *Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI ISO 3183: Pipa baja untuk sistem perpipaan pada industri minyak dan gas alam. Jakarta: BSN.*
- [5] Challa, VSA, Yashwanth, IVS, Mendoza, KL, & Stafford, S. (2016). *Investigation of Hydrotest Pipe Rupture Failures on Natural Gas Pipelines. Journal of Failure Analysis and Prevention*, 16 (5), 858-863.
- [6] Ghaemi, M., and Tehran IRAN NDT. "OPTIMIZATION IN APPLICATION OF NDT IN PIPE MILLS."
- [7] Moektiwibowo, H., Wijayanto, G. S., & Arianto, B. (2015). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Cacat Pengelasan Pipa Api 5l Gr. B Pada Proyek Konstruksi Pipa. *Jurnal Teknik Industri Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma (Unsurya)*, 4(2).
- [8] Nalhadi, A., Aida, N., & Ramayanti, G. (2018). Usulan Perbaikan Kualitas Produk Pipa Api 5L PSL2 Menggunakan Metode Six Sigma. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya Vol*, 4(2), 7785